СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ ПЭМИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГАУССОВЫХ И НЕГАУССОВЫХ ПОМЕХ

Д. В. Астрецов, Р. И. Соколов
(Екатеринбург, УрФУ, rostik-king@yandex.ru)

Актуальной задачей является определение степени защищенности средств вычислительной техники от перехвата информации по каналам побочного электромагнитного излучения. Как правило, возможность перехвата в значительной степени зависит от априорных сведений о характере излучения, параметрах информационного сообщения и помехи, которыми обладает перехватчик.

Для построения оптимальных приемников требуются точные априорные сведения. Однако методы приема, основанные на нелинейной фильтрации, позволяют восстанавливать сигнал с достаточной точностью при меньшем количестве априорных сведений.

Таким образом, возникает необходимость синтезировать приемники сигналов ПЭМИ методом нелинейной фильтрации.

Основной задачей является определение апостериорной плотности вероятности сообщения при известной реализации. Изменение плотности вероятности $\omega(x, t)$ определяется нелинейным интегро-дифференциальным уравнением Стратановича [2]:

$$\frac{\partial\omega(x,t)}{\partial t} = \Lambda_{\Phi}\left\{\omega(x,t)\right\} + \left[Q(x,t) - Q_{\text{ср}}\right]\omega(x,t), \qquad (1)$$

где

$$Q(x,t) = -\frac{1}{N}\left[u_{\text{вх}} - u_{\text{с}}(x,t)\right]^2; \qquad (2)$$

$$Q_{\text{ср}} = \int\ldots\int Q(x,t)\,\omega(x,t); \qquad (3)$$

Λ_{Φ} – дифференциальный оператор, стоящий в правой части уравнения Фоккера – Планка, определяющего начальные условия:

$$\Lambda_{\Phi} = -\sum_{i=1}^{n}\frac{\partial}{\partial x_i}a(x) + \frac{1}{4}\sum\sum\frac{\partial}{\partial x_i \partial x_j}N_{ij}. \qquad (4)$$

Полагаем апостериорные плотности вероятности $\omega(x, t)$ нормальными и заменим их на вектор x_0 оптимальных оценок [1]. Получаем систему уравнений для двумерных марковских процессов:

$$\frac{\partial x_0}{\partial t} = a(x_0) + D\left(\frac{\partial Q(x_0, t)}{\partial x_0}\right)^T. \quad (5)$$

$$\frac{\partial D}{\partial t} = \frac{\partial a}{\partial x_0} D + D\left(\frac{\partial a}{\partial x_0}\right)^T + \frac{1}{2} N_x + D\left(\frac{\partial^2 Q}{\partial x_0^2}\right) D, \quad (6)$$

где D – матрица ошибок дисперсии фильтрации; N_x – матрица спектральных плотностей формирующих шумов.

Составим систему уравнений (9–11) квазиоптимальной нелинейной фильтрации для работы в нестационарном режиме.

Пусть

$$\dot{\lambda}_i = f_i(\lambda(t)) + n_i(t), \quad (7)$$

где

$$\langle n_i(t_1) n_j(t_2) \rangle = \frac{1}{2} N_{ij} \delta(t_2 - t_1). \quad (8)$$

Тогда

$$\dot{\lambda}_{it} = f_i(\lambda) + \sum_{j=1}^{r} K_{ij}(t) \frac{\partial}{\partial \lambda_j} F(t, \lambda_t), \quad (9)$$

где

$$F(t, \lambda_t) = -\frac{1}{N_0}[y(t) - s(t, \lambda_t)]^2. \quad (10)$$

$$\dot{K}_{ij} = \frac{1}{2} N_{ij} + \sum_{\mu=1}^{r} \frac{\partial f_i(\lambda_t)}{\partial \lambda_\mu} K_{\mu j}(t) + \sum_{\mu=1}^{r} \frac{\partial f_j(\lambda_t)}{\partial \lambda_\mu} K_{i\mu} + \sum_{\mu,\upsilon=1}^{n} \frac{\partial F(t, \lambda_t)}{\partial \lambda_\mu \partial \lambda_\upsilon} K_{i\mu}(t) K_{\upsilon j}(t). \quad (11)$$

Рассмотрим три случая входного сигнала y:

1. Неизвестный характер помехи – фильтруется только полезное сообщение. Пусть $y = \lambda(t) + n(t)$.

$$n(t) - \text{БГШ}, \ \langle n(t_1) n(t_2) \rangle = \frac{1}{2} N_0 \delta(t_2 - t_1); \tag{12}$$

$\lambda(t)$ – полезное сообщение, представляющее марковский процесс, который задается априорным стохастическим дифференциальным уравнением

$$\frac{\partial \lambda(t)}{\partial t} = -k_1 \lambda(t) + n_\lambda(t), \tag{13}$$

где $n_\lambda(t)$ – формирующие белые шумы.

В этом случае, решая систему, получаем выражения (14–15), определяющие схему оптимального приемника:

$$\frac{\partial \lambda}{\partial t} = -k_1 \lambda + D \frac{2}{N_0} (y - \lambda), \tag{14}$$

$$\frac{\partial D}{\partial t} = -2k_1 D - D^2 \frac{2}{N_0} + \frac{1}{2} N_\lambda. \tag{15}$$

2. Гауссовский характер помехи – фильтруются полезное сообщение и гауссовская помеха как марковские процессы. Пусть

$$y = \lambda(t) + \xi(t) + n(t). \tag{16}$$

Помеха $\xi(t)$ задается априорным стохастическим дифференциальным уравнением

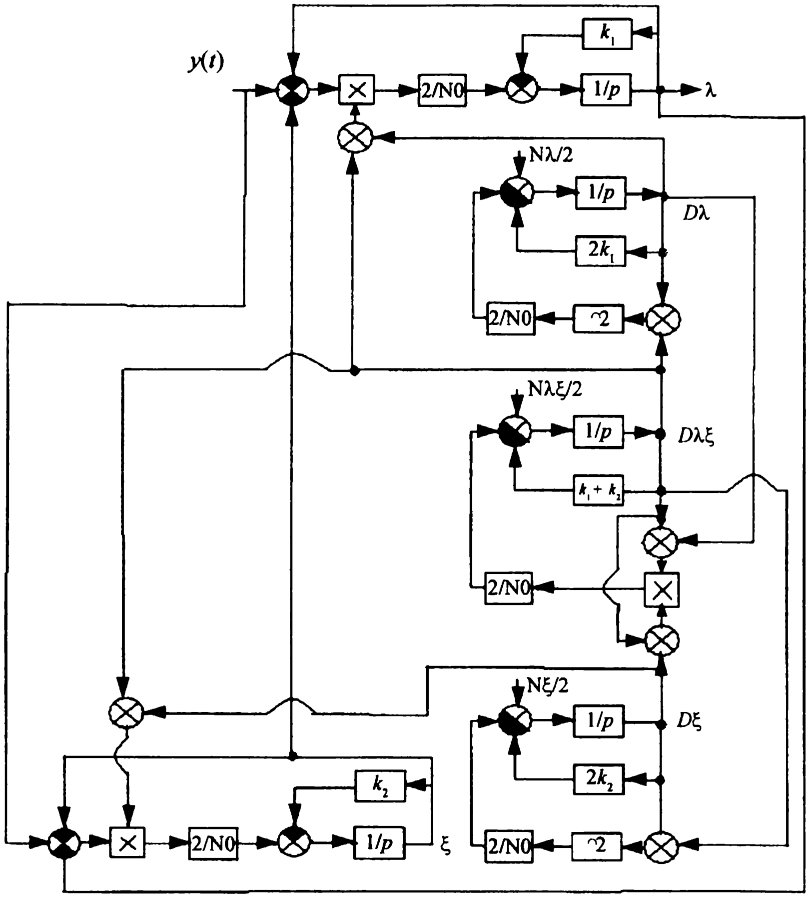
$$\frac{\partial \xi(t)}{\partial t} = -k_2 \xi(t) + n_\xi(t), \tag{17}$$

где $n_\xi(t)$ – формирующие белые шумы.

В этом случае, решая систему, получаем выражения (18–22), определяющие схему оптимального приемника (рисунок):

$$\frac{\partial \lambda}{\partial t} = -k_1 \lambda + \frac{2}{N_0} (y - \lambda - \xi))(D_\lambda + D_{\lambda\xi}), \tag{18}$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} = -k_2 z + \frac{2}{N_0} (y - \lambda - \xi)(D_\xi + D_{\lambda\xi}), \tag{19}$$



Структурная схема квазиоптимального приемника сигналов ПЭМИ в смеси с нормальной помехой для нестационарного режима

$$\frac{\partial D_\lambda}{\partial t} = \frac{1}{2}N_\lambda - 2k_1 D_\lambda - \frac{2}{N_0}(D_\lambda + D_{\lambda\xi})^2, \tag{20}$$

$$\frac{\partial D_\xi}{\partial t} = \frac{1}{2}N_\xi - 2k_2 D_\xi - \frac{2}{N_0}(D_\xi + D_{\lambda\xi})^2, \tag{21}$$

$$\frac{\partial D_{\lambda\xi}}{\partial t}=\frac{1}{2}N_{\lambda\xi}-D_{\lambda\xi}(k_1+k_2)-\frac{2}{N_0}(D_\lambda+D_{\lambda\xi})(D_\xi+D_{\lambda\xi}). \qquad (22)$$

3.Негауссовский характер помехи – фильтруются полезное сообщение и помеха Джонсона как марковские процессы. Пусть

$$y=\lambda(t)+\xi(t)+n(t). \qquad (23)$$

Помеха $\xi(t)$ определяется как безынерционное нелинейное преобразование q над нормальным марковским процессом z,

$$\xi(t)=q(z),$$

тогда

$$y=\lambda(t)+q(z(t))+n(t). \qquad (24)$$

В этом случае, решая систему, получаем выражения (25–29), определяющие схему оптимального приемника:

$$\frac{\partial\lambda}{\partial t}=-k_1\lambda+\frac{2}{N_0}(y-\lambda-q(z))(D_\lambda+D_{\lambda z}q'(z)), \qquad (25)$$

$$\frac{\partial z}{\partial t}=-k_2 z+\frac{2}{N_0}(y-\lambda-q(z))(D_{\lambda z}+D_z q'(z)), \qquad (26)$$

$$\frac{\partial D_\lambda}{\partial t}=\frac{1}{2}N_\lambda-2k_1D_\lambda-$$
$$-\frac{2}{N_0}(D_\lambda^2+2D_\lambda D_{\lambda z}q'(z)+D_{\lambda z}^2(q'^2(z)-(y-\lambda-q(z))q''(z)), \qquad (27)$$

$$\frac{\partial D_z}{\partial t}=\frac{1}{2}N_z-2k_2D_z-$$
$$-\frac{2}{N_0}[D_z^2(q'^2(z)-(y-\lambda-q(z))q''(z))+2D_zD_{\lambda z}q'(z)+D_{\lambda z}^2], \qquad (28)$$

$$\frac{\partial D_{\lambda z}}{\partial t} = \frac{1}{2} N_{\lambda z} - D_{\lambda z}(k_1 + k_2) - \frac{2}{N_0}[D_{\lambda}(D_{\lambda z} + D_z q'(z)) + \\ + D_{\lambda z}(D_z(q'^2(z) - (y - \lambda - q(z))q''(z)) + D_{\lambda z} q'(z)]. \quad (29)$$

Полученные уравнения позволяют синтезировать квазиоптимальные нестационарные приемники сигналов ПЭМИ для оценки потенциальной защищенности средств вычислительной техники от утечки информации для различных случаев априорной неопределенности характера помех.

Библиографические ссылки

1. *Тихонов В. И., Кульман Н. К.* Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов. М. : Сов. радио, 1975. 704 с.

2. *Первачев С. В.* Радиоавтоматика : учебник для вузов. М. : Радио и связь, 1982. 296 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА АУТЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ПО РИСУНКУ ВЕН ЛАДОНИ

А. А. Терентьева, А. Е. Ядрышников

(Курган, КГУ, anterenteva@mail.ru; andrei.yadrishnicov@gmail.com)

Введение

Развитие научно-технического прогресса, количественный рост населения, опасные тенденции изменения уровня и структуры преступности ставят перед обществом задачи быстрой и надежной идентификации личности любого человека. При построении систем с повышенными требованиями к обеспечению безопасности используется биометрический контроль доступа. Суть работы биотехнологий сводится к работе (запоминание, распознавание, принятие решения) с уникальными генетическими характеристиками человека. Самое распространенное решение на базе биометрических